



# Efeitos da crioterapia associada à cinesioterapia e da estimulação elétrica em pacientes hemiparéticos espásticos

*Effects of cryotherapy associated with kinesiotherapy and electrical stimulation on spastic hemiparetic patients*

*Efectos de la crioterapia asociada a la cinesioterapia y de la estimulación eléctrica en pacientes hemiparéticos espásticos*

Ariela Torres Cruz<sup>1</sup>, Priscila de Oliveira Januário<sup>2</sup>, Alderico Rodrigues de Paula Júnior<sup>3</sup>, Fernanda Pupio Silva Lima<sup>4</sup>, Mário Oliveira Lima<sup>5</sup>

**RESUMO** | A espasticidade causada pelo acidente vascular encefálico (AVE) é uma das principais causas de incapacidade funcional no membro superior. O objetivo do estudo foi verificar o efeito da crioterapia associada à cinesioterapia e da estimulação elétrica na capacidade de preensão palmar do membro espástico de pacientes com AVE na fase crônica. Participaram do estudo 40 pacientes com idade média de 60,5 ( $\pm 9,45$ ) anos e hemiparesia espástica, divididos aleatoriamente em grupo A (GA): submetidos à crioterapia nos músculos flexores de punho e cinesioterapia nos músculos flexores e extensores de punho; e grupo B (GB): submetidos à estimulação elétrica nos músculos extensores de punho. A capacidade de preensão palmar foi avaliada por meio de um dinamômetro de bulbo antes, depois de 16 atendimentos e um mês após o término do tratamento. Os resultados demonstraram que houve aumento da capacidade de preensão palmar no GA ( $p=0,0244$ ) e GB ( $p=0,0144$ ) após o tratamento, com manutenção um mês após seu término ( $p=0,6002$  e  $0,3066$  respectivamente), sem diferença estatística entre estes. Os achados apontam que ambos os recursos terapêuticos foram eficazes para o aumento da capacidade de preensão palmar dos participantes do estudo.

**Descritores** | Acidente Vascular Encefálico; Crioterapia; Espasticidade Muscular; Estimulação Elétrica.

**ABSTRACT** | Spasticity caused by stroke is a cause of functional disability of the upper extremity. The aim of this study was to check the effect of cryotherapy associated with kinesiotherapy and electrical stimulation on the palmar grip strength of the spastic limb of stroke patients in the chronic phase. Forty patients whose mean age was 60.5 ( $\pm 9.45$ ) years old and who had spastic hemiparesis participated in the study, having been randomly sorted into group A (GA): submitted to cryotherapy on the wrist flexors and kinesiotherapy on the wrist flexors and wrist extensors, and Group B (GB): submitted to electrical stimulation on the wrist extensors. Palmar grip strength was evaluated by a bulb dynamometer before, after 16 sessions and one month after the end of treatment. The results showed that there was an increase in palmar grip strength in GA ( $p=0.0244$ ) and GB ( $p=0.0144$ ) after treatment, with maintenance one month after its completion ( $p=0.6002$  and  $0.3066$ , respectively), and no statistical difference was observed between them. The findings indicate that both therapeutic resources were effective in increasing the study participants' palmar grip strength.

<sup>1</sup>Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: [ariela\\_tcruz@yahoo.com.br](mailto:ariela_tcruz@yahoo.com.br). Orcid: 0000-0002-0518-3964

<sup>2</sup>Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: [pri.januario@gmail.com](mailto:pri.januario@gmail.com). Orcid: 0000-0002-9930-6805

<sup>3</sup>Centro de Inovação, Tecnologia e Educação (CITÉ) – São José dos Campos (SP), Brasil. E-mail: [aldericorpj@yahoo.com.br](mailto:aldericorpj@yahoo.com.br). Orcid: 0000-0002-4217-7328

<sup>4</sup>Universidade do Vale do Paraíba (Univap) – São José dos Campos (SP), Brasil. E-mail: [fpupio@univap.br](mailto:fpupio@univap.br). Orcid: 0000-0001-9834-7800

<sup>5</sup>Universidade do Vale do Paraíba (Univap) – São José dos Campos (SP), Brasil. E-mail: [mol@univap.br](mailto:mol@univap.br). Orcid: 0000-0001-9990-5296

**Keywords** | Stroke; Cryotherapy; Muscle Spasticity; Electrical Stimulation.

**RESUMEN** | La espasticidad causada por el accidente cerebrovascular (ACV) es una de las principales causas de incapacidad funcional en el miembro superior. El objetivo del estudio fue verificar el efecto de la crioterapia asociada a la cinesioterapia y de la estimulación eléctrica en la capacidad de prensión palmar del miembro espástico de pacientes con ACV en fase crónica. Participaron del estudio 40 pacientes con edad media de 60,5 ( $\pm 9,45$ ) años y hemiparesia espástica, divididos aleatoriamente en grupo A (GA) —sometidos a la crioterapia en los músculos flexores del puño y cinesioterapia en los músculos flexores y extensores del puño —

y grupo B (GB) — sometidos a la estimulación eléctrica en los músculos extensores del puño. Se evaluó la capacidad de prensión palmar por medio de un dinamómetro neumático antes del tratamiento, después de 16 atendimientos y un mes después del término del tratamiento. Los resultados demostraron un aumento de la capacidad de prensión palmar en el GA ( $p=0,0244$ ) y en el GB ( $p=0,0144$ ) después del tratamiento, con mantenimiento un mes después de su término ( $p=0,6002$  y  $0,3066$  respectivamente), sin diferencia estadística entre éstos. Los hallazgos apuntan que ambos recursos terapéuticos fueron eficaces para aumentar la capacidad de prensión palmar de los participantes del estudio.

**Palabras clave** | Accidente Cerebrovascular; Crioterapia; Espasticidad Muscular; Estimulación Eléctrica.

## INTRODUÇÃO

O acidente vascular encefálico (AVE) é a segunda causa de morte no mundo e a primeira de incapacidade<sup>1,2</sup>, sendo que, entre os sobreviventes, 44% apresentam alguma dependência funcional<sup>3</sup>.

O quadro clínico geralmente é de hemiplegia, disfunção sensorial, afasia, déficits no campo visual, comprometimento mental e intelectual<sup>4</sup>, diminuição de força muscular<sup>5</sup> e limitações funcionais<sup>6</sup>.

Aproximadamente metade dos sobreviventes de AVE apresentam disfunções da função sensório-motora no membro superior acometido<sup>7</sup>. De três a seis meses após o AVE, 55% a 75% dos pacientes continuam com as funções de agarrar, segurar e manipular objetos prejudicadas<sup>8</sup>.

O restabelecimento total do membro superior é uma tarefa difícil, porém mesmo uma pequena melhora pode ser útil para alcançar independência em atividades da vida diária. O aumento do tônus muscular dos flexores dos dedos da mão torna difícil a capacidade de extensão dos dedos, podendo levar a contraturas em flexão<sup>9-11</sup>.

Procedimentos cirúrgicos, uso de medicamentos, aplicação de toxina botulínica do tipo A e fisioterapia são utilizados no tratamento da espasticidade<sup>12</sup>, apesar de não existir um tratamento que a cure definitivamente<sup>13</sup>. Recursos terapêuticos como hidroterapia, terapia de restrição e indução ao movimento, facilitação neuromuscular proprioceptiva, crioterapia, cinesioterapia e estimulação elétrica neuromuscular podem ser utilizadas no tratamento da espasticidade<sup>2</sup>.

A crioterapia contribui para o controle da espasticidade<sup>14</sup> e a cinesioterapia atua na prevenção de incapacidades

secundárias e na reeducação neuromotora<sup>13</sup>. A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) pode produzir contrações em grupos privados de controle voluntário, tendo como objetivos melhorar a função, aumentar a força muscular e a amplitude de movimento, reduzir a espasticidade e restabelecer sensação articular proprioceptiva<sup>15</sup>.

Diante dos estudos e métodos aplicados, observa-se a importância de se realizar essa pesquisa na necessidade de buscar técnicas fisioterapêuticas de fácil aplicação e baixo custo que possam melhorar a capacidade de preensão palmar do membro superior parético de pacientes com sequela de AVE na fase crônica, que muitas vezes não estão em tratamento, podendo proporcionar o retorno precoce às atividades da vida diária. Pesquisadores relatam que o retorno do paciente ao seu ambiente habitual com a maior autonomia funcional possível é um objetivo fundamental em pacientes que sofreram AVE<sup>3</sup>. Além disso, para a realização de novas pesquisas e programas de orientações futuras, é necessário que protocolos de tratamento sejam estabelecidos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da crioterapia associada à cinesioterapia e da estimulação elétrica neuromuscular na capacidade de preensão palmar do membro espástico de pacientes com sequelas de AVE na fase crônica.

## METODOLOGIA

A pesquisa teve início após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário de Barra Mansa sob parecer nº 2.766.663, além da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido pelos participantes, que

cumpriam os seguintes critérios de inclusão: fase crônica de AVE com no mínimo sete meses após a lesão, máximo grau 3 e mínimo grau 1 de espasticidade de acordo com a escala de Ashworth modificada<sup>16,17</sup>, indicação médica para fisioterapia, adequada compreensão e competências de comunicação. Como critérios de exclusão foram considerados: pacientes que apresentaram doença de Raynaud, tromboangeíte obliterante, crioglobulinemia, urticária ao frio, hipertensão não controlada, deficiência sensorial, aversão ao frio, alterações tróficas no local da aplicação da EENM, grau 0 ou 4 de espasticidade de acordo com a escala de Ashworth modificada, afasia ou disfasia de Wernicke.

Todos os pacientes foram submetidos à avaliação inicial por meio da escala de Ashworth modificada apenas para critérios de exclusão e de um dinamômetro de bulbo da marca Sammons Preston para determinar a capacidade de preensão palmar. Os pacientes foram orientados a realizar três tentativas de preensão, considerando-se a média dos movimentos. O dinamômetro foi aplicado após os 16 atendimentos e um mês após o término do tratamento.

Os pacientes foram divididos aleatoriamente em Grupo A (GA): submetidos à crioterapia aplicada nos músculos espásticos – flexores de punho e cinesioterapia nos músculos agonistas e antagonistas aos espásticos – flexores e extensores de punho; e Grupo B (GB): submetidos à aplicação da EENM no músculo antagonista ao espástico. Os dois grupos realizaram 16 atendimentos, duas vezes por semana, durante dois meses.

Durante o tratamento os pacientes permaneceram sentados com o antebraço apoiado em uma mesa e o cotovelo a 90° de flexão. A crioterapia foi realizada durante 25 minutos no ventre dos músculos flexores de punho do membro superior espástico através de uma bolsa de plástico com gelo, envolvida por uma faixa elástica e uma toalha úmida sobre a pele. Após a aplicação, os pacientes foram submetidos a duas séries de 30 segundos de alongamento passivo dos flexores e extensores de punho. Logo em seguida, realizaram exercício ativo-assistido, composto por três séries de 15 repetições de flexão e extensão de punho.

Nos pacientes do GB, a EENM foi aplicada nos músculos extensores de punho através do aparelho Neurodyn Compact da marca Ibramed. Para esse procedimento, utilizou-se uma corrente de pulso bifásico simétrico retangular com os seguintes parâmetros: frequência de 50Hz, duração de pulso de 300µs, tempo *on* de cinco segundos e tempo *off* de 15 segundos, durante 15 minutos. Foram utilizados dois eletrodos de borracha de silicone impregnada por carbono, que mediam 5x3cm,

acoplados à pele por um gel condutor e fixados com fita adesiva, sendo um eletrodo na região proximal do antebraço, adjacente ao epicôndilo lateral, e o outro afastado a 1,5cm do outro eletrodo distalmente.

Após a coleta, os dados foram exportados para um sistema de banco de dados e analisados pelo Software BioEstat versão 5.0. Aplicou-se o teste de normalidade de D'Agostino para verificar se os dados seguiam uma distribuição normal. Sendo assim, foi aplicado o teste não paramétrico de Wilcoxon para dados pareados e o teste não paramétrico de Mann-Whitney (Wilcoxon Rank-Sum Test) para dados não pareados, com nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

Participaram dessa pesquisa 40 pacientes que foram escolhidos aleatoriamente em uma clínica-escola de fisioterapia localizada no interior do estado do Rio de Janeiro – Brasil, onde foi realizado o estudo. As características iniciais do grupo de estudo estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características iniciais do grupo de estudo

Características	GA (n=20)	GB (n=20)
Média (DP) Idade	61 (±8,55)	59,7 (±9,89)
Gênero – Masculino: Feminino (% – n)	75%:25% (15:5)	30%:70% (14:6)
Média (DP) Meses pós-AVE	87,3 (±75,79)	73,8 (±67,42)

DP: desvio-padrão; n: amostra; AVE: acidente vascular encefálico.

Na Tabela 2 é possível verificar que houve um aumento da capacidade de preensão palmar no GA e GB quando comparados os momentos antes e depois do tratamento. Em ambos os grupos foi possível constatar que houve manutenção da capacidade de preensão palmar um mês após o término do tratamento, porém, ao compará-los, não foi possível observar diferença estatística entre estes.

Tabela 2. Valores de p, média e desvio-padrão referentes à análise da capacidade de preensão palmar

Resultado	A	B	Comparação entre os grupos
Preensão palmar	Antes x Depois p=0,0244*	p=0,0144*	p=0,8817
Média (DP)	Depois x 1 mês 2,11 (±1,45)	p=0,3066 3,32 (±1,78)	p=0,4171

\*valor estatisticamente significativo; DP: desvio-padrão.

## DISCUSSÃO

Verificou-se na literatura estudos destacando o tratamento em pacientes com sequelas de AVE na fase aguda<sup>18,19</sup>. Entretanto, é de fundamental importância, a continuidade do tratamento fisioterapêutico na fase crônica, e não somente o fornecimento de orientações quanto à realização de atividades funcionais em domicílio após a alta dos serviços de reabilitação.

Os pacientes em fase crônica de AVE podem ter uma boa evolução em termos funcionais durante o tratamento fisioterápico<sup>20</sup> quando se associa a melhora da força muscular com a melhora da capacidade funcional<sup>21</sup>. Neste estudo verificou-se que houve aumento significativo da capacidade de preensão após os dois tratamentos realizados. Esse aumento pode ser decorrente do mecanismo de neuroplasticidade muscular, podendo levar à melhora do sinergismo e o controle motor, pois possivelmente o sistema nervoso central encontra diferentes vias para uma reorganização, dependendo da lesão e dos recursos terapêuticos utilizados<sup>22</sup>. Uma das limitações deste estudo foi a não utilização de um instrumento que avaliasse a funcionalidade, dificultando assim a comprovação de que o aumento da força muscular contribuiu para a melhora da capacidade funcional dos participantes do estudo.

A crioterapia associada à cinesioterapia promoveu um aumento da capacidade de preensão palmar ( $p=0,0244$ ), que se manteve um mês após o término do tratamento. O aumento da capacidade de preensão pode ser justificado, pois o resfriamento pode levar a um aumento de força muscular<sup>23</sup>. Os mecanismos responsáveis pelas alterações de força no músculo após a crioterapia ainda são pouco claros, mas possivelmente pode ocorrer devido às alterações na propagação do impulso ao longo das fibras nervosas provocando mudanças na ativação da unidade motora e a influência da temperatura sobre os fusos aferentes do músculo<sup>24,25</sup>.

A velocidade de condução nervosa em fibras aferentes e eferentes diminui com a redução da temperatura do tecido nervoso. A percepção do estímulo pode ser alterada quando vias aferentes são desaceleradas. É possível que a redução na transmissão do potencial de ação consequente da diminuição da velocidade de condução nervosa leve a um aumento de receptores para estimular a pressão necessária a promover uma resposta após a aplicação do gelo<sup>26</sup>. Os mecanismos propostos para o aumento da força muscular devido ao resfriamento incluem facilitação

da excitabilidade nervosa motora e maior motivação psicológica para realizar a atividade<sup>27</sup>.

Harlaar et al.<sup>26</sup> verificaram aumento na amplitude de movimento após a aplicação de crioterapia em pacientes espásticos e afirmaram que esse efeito é apenas temporário. Como o resfriamento não leva diretamente à melhora da função, torna-se necessária a realização de exercícios após a crioterapia. Considerando essas informações, nesse estudo se propõe a execução de alongamentos e de exercícios ativo-assistidos.

A diminuição da resistência ao movimento por meio da cinesioterapia é relatada por Nuyens et al.<sup>28</sup>, quando observaram a diminuição da hipertonía espástica em pacientes com AVE após movimentos passivos. De acordo com os autores, a cinesioterapia não teria efeito apenas nas respostas reflexas, mas mudanças nas características viscoelásticas, e fatores mecânicos dos músculos também estariam relacionados. Fowler et al.<sup>29</sup> e Lima et al.<sup>30</sup> observaram que a cinesioterapia promoveu o aumento da força muscular sem aumentar a resistência ao movimento de pacientes espásticos. Nesta pesquisa não foi possível afirmar que a resistência ao movimento se modificou após o tratamento, já que a escala de Ashworth modificada foi utilizada apenas antes do tratamento para selecionar os pacientes que se encaixavam nos critérios de exclusão.

A EENM, nessa pesquisa, promoveu aumento da capacidade de preensão manual ( $p=0,0144$ ) no membro parético, que foi mantido um mês após o término do tratamento. Essa melhora da função motora pode ser atribuída a uma possível melhora na circulação sanguínea nos grupos musculares submetidos à EENM. Provavelmente, a aplicação de EENM nos músculos antagonistas liberou os músculos agonistas espásticos aumentando o fluxo sanguíneo nessa região. Estudo realizado por Wang et al.<sup>31</sup> mostrou um aumento da resposta arterial e dilatação endotelial vascular na extremidade superior parética após aplicação da EENM nos músculos flexores e extensores de punho de pacientes com AVE agudo. Estudos mostram melhora nas tarefas funcionais e aumento de força muscular após tratamento com EENM ou EENM associado a exercícios<sup>8,32,33</sup>.

Ao comparar o resultado dos grupos, observou-se que não houve diferença estatística entre eles. Conclui-se que os recursos fisioterapêuticos propostos foram eficazes no processo de reabilitação dos pacientes hemiparéticos espásticos participantes da pesquisa, e que mesmo pacientes crônicos podem apresentar ganhos com o tratamento.



## REFERÊNCIAS

- Zamberlan AL, Kerppers II. Mobilização neural como recurso fisioterapêutico na reabilitação de pacientes com acidente vascular encefálico: revisão. *Rev Salus*. 2007;1(2):185-92.
- Kozak D; Ilzecka J. Rehabilitation of patients after stroke. *Ann Univers Maria e Curie: Sklodowska*. Lublin. 2008;63(2):134-41. doi: 10.2478/v10079-008-0063-6
- Jimenez-Caballero PE, Lopez-Espuela F, Portilla-Cuenca JC, Pedrera-Zamorano JD, Jiménez-Gracia MA, Lavado-García JM, et al. Valoración de las actividades instrumentales de la vida diaria tras un ictus mediante la escala de Lawton y Brody. *Rev Neurol*. 2012;55(6):337-42.
- Newsam CJ, Baker L. Effect of an electric stimulation facilitation program on quadriceps motor unit recruitment after stroke. *Arch Phys Med Rehab*. 2004;85:2040-45. doi: 10.1016/j.apmr.2004.02.029
- Glanz M, Klawansky S, Stason W, Berkey C, Chalmers TC. Functional electrostimulation in post-stroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehab*. 1996;77:549-53. doi: 10.1016/S0003-9993(96)90293-2
- Rosamond W, Flegal K, Friday G, Furie K, Go A, Greelund K, et al. Heart disease and stroke statistics – 2007 update: a report from the American Heart Association statistics committee and stroke statistics subcommittee. *Circulation*. 2007;115:69-171. doi: 10.1161/circulationaha.106.179918
- Powel J, Pandyan AD, Granat M, Cameron M, Stott D. Electrical stimulation of wrist extensors in post stroke hemiplegia. *Stroke*. 1999;30:1384-9. doi: 10.1161/str.30.7.1384
- Alon G, Levitt A, McCarthy PA. Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: a pilot study. *Neurorehabil Neural Repair*. 2007;21(3):207-15. doi: 10.1177/1545968306297871
- Cauraugh J, Light K, Kim S, Thigpen M, Behrman A. Chronic motor dysfunction after stroke: recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation. *Stroke*. 2000;31:1360-4. doi: 10.1161/str.31.6.1360
- Pasternak-Mladzka I, Dobaczewska R, Otreba D, Mladzki Z. Selection of physiotherapeutic methods and their effectiveness in rehabilitation of spastic hand in post-stroke patients. *Med Rehab*. 2006;10(3):15-28.
- Chen HM, Chen CC, Hsueh IP, Huang SL, Hsieh CL. Test-retest reproducibility and smallest real difference of 5 hand function tests in patients with stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(5):435-40. doi: 10.1177/1545968308331146
- Rosche J. Treatment of spasticity. *Spinal Cord*. 2002;40:261-2. doi: 10.1038/sj.3101313
- Lianza S, Pavan K, Lourenço AF, Fonseca AP, Leitão AV, Musse CAI, et al. Diagnóstico e tratamento da espasticidade. *Soc Bra Med Fís Rehabil*. 2001;1-12.
- Robertson V, Ward A, Low J, Reed A. Eletroterapia explicada: princípios e prática. São Paulo: Elsevier; 2009. 334 p.
- Fonseca APC, Jakaitis F, D'Andreia-Greve JM, Pavan K, Lourenço MIP, Gal PLM, et al. Espasticidade: tratamento por meio da medicina física. projeto diretrizes. *Soc Bra Med Fís Rehabil*. 2006;1-11.
- Leitão AV, Musse CAI, Granero LHM, Rosseto R, Pavan K, Lianza S. Espasticidade: avaliação clínica. *Soc Bra Med Fís Rehabil*. 2006;1-8.
- Gomez-Soriano J, Cano-de-la-Cuerda R, Muñoz-Hellin E, Ortiz-Gutierrez R, Taylor JS. Valoración y cuantificación de la espasticidad: revisión de los métodos clínicos, biomecánicos y neurofisiológicos. *Rev Neurol*. 2012;55(4):217-26.
- García-Pastor A. Conocimiento del estado vascular para la toma de decisiones terapéuticas en el ictus isquémico agudo: cual es el papel de la neurosonología? *Rev Neurol*. 2013;56(1):35-42.
- Mateos-Rodríguez AA. Atención extrahospitalaria del ictus [carta]. *Rev Neurol*. 2012;55(5):319.
- Rodrigues JE, Sa, MS, Alouche SR. Perfil dos pacientes acometidos por AVE tratados na clínica escola de fisioterapia da Umesp. *Rev Neurocienc*. 2004;12(3):117-22.
- Trocoli TO, Furtado C. Fortalecimento muscular em hemiparéticos crônicos e sua influência no desempenho funcional. *Rev Neurocienc*. 2009;17(4):336-41.
- Barato G, Fernandes T, Pacheco M, Bastos VH, Machado S, Mello MP, et al. Plasticidade cortical e técnicas de fisioterapia neurológica na ótica da neuroimagem. *Rev Neurocienc*. 2009;17(4):342-8.
- Sanya AO, Bello, AO. Effects of cold application on isometric strength and endurance of quadriceps femoris muscle. *Afr J Med Med Sci*. 1999;28(3-4):195-8.
- Cornwall MW. Effect of temperature on muscle force and rate of muscle force production in men and women. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999;20(2):74-80. doi: 10.2519/jospt.1994.20.2.74
- Vivancos-Matellano F, Pascual-Pascual SI, Nardi-Villardaga J, Miquel-Rodríguez F, Miguel-Leon I, Martínez-Garre MC, et al. Guía del tratamiento integral de la espasticidad. *Rev Neurol*. 2007;45(6):365-75.
- Harlaar EM, Delisa JA, Soine TL. Nerve conduction studies in upper extremities: skin temperature corrections. *Arch Phys Med Rehabil*. 1983;64(9):412-6.
- Cameron MH. Physical agents in rehabilitation: from research to practice. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2013.
- Nuyens GE, Weerdt WJD, Spaepen Jr AJ, Kiekens C, Feys HM. Reduction of spastic hypertonia during repeated passive knee movements in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83:930-35. doi: 10.1053/apmr.2002.33233
- Fowler EG, Ho TW, Nwigwe AI, Dorey FJ. The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 2001;1(6):1215-23. doi: 10.1093/ptj/81.6.1215
- Lima MO, Lima FPS, Freitas STT, Ribeiro SR, Tortoza C, Lucareli JG, et al. Efecto de la estimulación eléctrica neuromuscular y de los ejercicios isotónicos em los músculos flexores y extensores de la rodilla em pacientes hemipléjicos. *Rev Neurol*. 2008;46(3):135-8.
- Wang JS, Chen, SY, Lan C, Wong MK, Lai JS. Neuromuscular electric stimulation enhances endothelial vascular control and hemodynamic function in paretic upper extremities of patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;56:1112-6. doi: 10.1016/j.apmr.2003.11.027
- Mangold S, Keller T, Curt A, Dietz V. Transcutaneous functional electrical stimulation for grasping in subjects with cervical spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005;43:1-13. doi: 10.1038/sj.sc.3101644
- Sullivan JE, Hedman LD. Effects of home-based sensory and motor amplitude electrical stimulation on arm dysfunction in chronic stroke. *Clin Rehabil*. 2007;21:142-50. doi: 10.1177/0269215506071252